



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02254709 A**(43) Date of publication of application: **15.10.90**

(51) Int. Cl.

H01F 41/02
// A61B 5/055
G01R 33/38

(21) Application number: **01077254**(22) Date of filing: **28.03.89**(71) Applicant: **KOBE STEEL LTD**

(72) Inventor: **ABE MUTSUMI**
MOTODA TAKASHI
AOTA KENICHI

(54) **MANUFACTURE OF MAGNETIC COMPOSITE
 MATERIAL OF EXCELLENT MAGNETIC
 CHARACTERISTICS**

(57) Abstract:

PURPOSE: To make it possible to increase the specific resistance of the title magnetic composite material while necessary permeability is being secured by a method wherein specific spherical magnetic powder and solid-state particulate resin binder are dry-mixed, they are filled in a die, a direct powder-molding is conducted in the cold work applying specific surface pressure of $2t/cm^2$.

CONSTITUTION: Spherical magnetic powder, having the ratio of building volume to lot of 55 to 95% against the

entire magnetic composite material and average grain diameter of 50 to $300\mu m$, and a resin binder are dry-mixed, and after the mixed powder has been filled in a die, a direct powder molding operation is conducted in the cold work applying the surface pressure higher than $2t/cm^2$, and the mixed powder is compacted. As a result, a magnetic composite material, with which a large-sized magnetic composite material tabular plate body, having a permeability (μ) of 50 or higher, specific resistance of 0.001cm or higher, tensile strength of $2kg/cm^2$ or higher and area of $250cm^2$ or wider, is formed, can be obtained. As a result, specific resistance can be increased while necessary permeability is being secured.

COPYRIGHT: (C)1990, JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-254709

⑪ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)10月15日

H 01 F 41/02
A 61 B 5/055
G 01 R 33/38

G 8219-5E

7621-2G G 01 R 33/22
7621-2G G 01 N 24/06
7831-4C A 81 B 5/05

A
A

331

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑭ 発明の名称 磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法

⑮ 特 願 平1-77254

⑯ 出 願 平1(1989)3月28日

⑰ 発 明 者 安 浩 隆 兵庫県神戸市北区幸福町2丁目6-15
⑱ 発 明 者 元 田 高 司 兵庫県神崎郡香寺町麻口225-84
⑲ 発 明 者 青 田 健 一 兵庫県神戸市北区惣山町3-9-9
⑳ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
㉑ 代 理 人 弁理士 下 市 努

明 細 書

1. 発明の名称

磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法。

2. 特許請求の範囲

(1) 磁性複合材料全体に対する容積率が55～95 %で、かつ平均粒子径が50～300 μ mの粒状磁性粉末と、樹脂粒子状の樹脂バインダーとを乾式混合し、該混合物を金型内に充満した後、冷固にて、 $21/\alpha$ を超える面圧の圧粉成形を行って圧粉化し、透磁率(μ)が50以上、比抵抗が0.001 Ω cm以上、引張強度が2 kg/cm²以上で、かつ面積が250 α 以上の大型磁性複合材料板状体を得ることを特徴とする磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法。

(2) 上記樹脂バインダーが、エポキシ樹脂であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法。

(3) 上記磁性複合材料の磁性粉末同士が實質的に結合していることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の磁気特性に優れた磁性複

合材料の製造方法。

(4) 上記磁性複合材料がMRI装置用磁極近を構成する平板に形成されており、かつ隣接する平板の該接面同士に隙間が生じないように、各平板の該接面に切筋、切削等の機械加工が施されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかに記載の磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、例えば磁性粉末等の磁性粉末を樹脂バインダーを用いて成形した磁性複合材料の製造方法に関し、特に必要な透磁率を確保しながら、比抵抗を大きくできるようにした磁性複合材料に関する。本発明は、永久磁石方式のMRI (Magnetic Resonance Imaging) 装置において、永久磁石を支持するために採用される磁極板に最適であるので、以下、これに適用した場合を例にとって説明する。

(従来の技術)

近年、人体の断層像を断層像により得るようにした画像診断装置として、核磁気共鳴現象を利用したMRI装置が急速に普及しつつある。このMRI装置は、X線CT装置に比べて、放射線による被ばくが殆どであり、しかも断層像だけでなく、矢状断層、冠状断層等の任意の方向の断層像が得られるという特長を有している。このようなMRI装置において静磁場を発生させる手段の一例として、永久磁石方式が採用されている。

第1図及び第2図は、その永久磁石を利用したMRI装置の断層構成を示す。図において、MRI装置1は、一對の矩形板状のヨーク2、2を、人体を挿入できるスペース3を設けて対向させ、該ヨーク2、2同士を四隅に配設された4本の支柱4で機械支持するとともに、このヨーク2、2の対向面内側にそれぞれ永久磁石5を配設して構成されている。

ここで、上記上、下の永久磁石5は、広範囲にわたって一様な磁界を発生させるために、大きな面積のものが必要であり、またその重量を合わせ

ると約1tにもなり、このような大型で、かつ重量の大きな永久磁石を一体形成するのは困難であることから、従来、多数のセグメント状磁石を組み合わせて形成するようにしている。ところが、このような多数の小片からなる永久磁石を並置する場合、各永久磁石片の磁力のばらつき等から磁界が不均一となり異い問題が生じる。しかも各永久磁石片をヨーク2に固定保持する構造が必要なことから、上記永久磁石5を、例えば鑄造製の磁極板5で置換するようにしている。この磁極板5により、各磁石片の磁力のばらつきを吸収して磁界を均一化できるとともに、永久磁石5を保持できる。

ところで、上記磁極板5には、①永久磁石の磁力を減衰させることなく透過させるために透磁率(μ)が高いこと、②磁場の変化を敏感に検出するために、つまり磁場線曲線カーブがパルス状に明確に変化し、いわゆるブレが生じないようにするために、比抵抗が高いこと等の特性が要求される。しかしながら、上記従来の鑄造製の磁極板

を採用した場合、透磁率は2000程度と高いものの、比抵抗が $11 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$ と高く、その結果磁場の変化を敏感に検出できず、シャープな断層像が得られないという問題点があり、MRI実用化の障害となっている。

本件発明者は、上記従来の鑄造製の磁極板に替わるものとして、磁性鉄粉を樹脂バインダーを用いて成形してなる磁性複合材料を採用することに着目した。つまり、この複合材料の磁性鉄粉と樹脂バインダーとの混合量を適宜選定すれば、透磁率、及び比抵抗の両方を大きくすることが可能であると考えられる。そしてこの種の複合材料を製造する場合、従来から射出成形による方法が一般的に採用されている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

ところが上記射出成形により上述した磁極板を得る場合、材料の流動性が第一機能的問題となる。即ち、上記磁極板に要求される特性を満足させるには、磁性鉄粉の含有率を上げる必要があり、従って、それだけ樹脂バインダーの含有率を下げな

ければならない。その結果、樹脂バインダーの含有率を上げて流動性を確保しなければならない射出成形法は、磁極板の製造方法としては実質的に採用することができない。ちなみに、射出成形では鉄粉の含有率を40%以下にする必要がある。また、上記射出成形では、混合の際に鉄粉の表面に液膜が形成されることから、圧縮成形後の鉄粉同士が結合し固く、その結果透磁率が低下するという問題も生じることが判明し、この点からも射出成形法を採用することはできない。

ところで、上記磁性複合材料を、例えばMRI装置の磁極板に採用する場合、この磁極板を可能な限り大型化することにより、磁界の均一性を向上することが求められる。即ち、上述のように、小面積の永久磁石を多数貼り合わせる構造となることから発生する磁界自体の均一性を高くすることには限界があるので、磁極板によって磁界を吸収するのであるが、この場合磁極板同士の貼り合わせ隙が少ないほど有利となるからである。従って、磁極板の大型化、大面積化が要請される。

本発明は、上記従来の状況に鑑みてなされたもので、永久磁石の磁力を減衰させることなく透過させるために必要な透磁率を確保しながら、比抵抗を大きくでき、ひいてはMRI実用化に貢献できる磁気板の製造方法として好適な、磁性複合材料の製造方法を提供することを目的としている。
(問題点を解決するための手段)

そこで本発明は、磁性複合材料全体に対する容積率が55~95%で、かつ平均粒子径が $50 \sim 300 \mu$ の球状磁性粉末と、樹脂バインダーとを乾式混合し、該混合物を金型内に充填した後、冷間にて、 $21/\text{cm}$ を超える面圧の直接粉末成形を行って圧粉化し、透磁率(μ)が60以上、比抵抗が $0.001 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、引張強度が $2 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上で、かつ面積が 250 cm^2 以上の大型磁性複合材料板状体を得ることを特徴とする磁性複合材料の製造方法である。
ここで、本発明における各種の条件を設定した理由について説明する。

① 上記磁性粉末を球状のものとしたのは、磁界を磁場方向に対して流れ易くするためである。

では、液体を使用しないことから、圧粉化により磁性粉末同士を結合させることができ、必要な透磁率を確保できるからである。さらに、乾式混合を採用することによって、磁性粉末の均一分散性を向上でき、透過する磁力の均一性を向上できるとともに、金型による直接粉末成形が採用でき、生産ができるからである。

② また、上記金型に充填した混合物を面圧 $21/\text{cm}$ 以上で直接粉末成形するのは、 250 cm^2 以上の大型磁性複合材料板状体を得るためであり、これにより、例えば上述したMRI装置の磁気板に採用する場合の、磁気板の大型化、大面積化の要請に応えられるからである。なお、この場合具体的には、圧粉力の大きい大型プレス機を採用することが考えられる。

③ さらに、上記透磁率を30以上、比抵抗を $0.001 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上と規定したのは、上記MRI装置の磁気板に、本発明の磁性複合材料を採用する際の必要特性を満足するためである。

さらにまた、引張強度を $2 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上と

する、例えば上述の磁気板として使用する場合、その製造上、外部磁界が該磁気板と直交方向に作用することから、扁平状の磁性粉末を採用すると、各磁性粉末の磁化方向が外部磁界と直交することとなり、いわゆる反磁場が大きくなるが、球状磁性粉末を採用することにより、この問題を抑制できる。

④ また、上記磁性粉末の容積率を55~95としたのは、55%以下では磁性粉末の密封量が不足し、所定の透磁率が得られないからであり、また95%を超えるとはほとんどが磁性粉末だけとなることから成形が困難となり、さらに強度が低下して機械加工が困難となるからである。

⑤ 上記磁性粉末と樹脂バインダーとの混合に乾式法を採用したのは、該磁性複合材料全体に対する磁性粉末の含有量を上げることができ、上記最大容積率95%を実現できるからである。また、乾式混合法を採用した場合、磁性粉粒子の表面に樹脂膜が形成され、粉粒子同士の結合が固着となり、反磁場が大きくなる。これに対して乾式法

したのは、ある程度の機械加工等に対する強度を考慮したものであり、これにより例えばボルト孔を形成したり、ボルトにより取付けたりする際の必要強度を確保できる。

なお、上記樹脂バインダーとして、エポキシ樹脂を採用することが好ましい。これは強度、磁性粉末との接合性、あるいは耐熱性を向上できるからである。また、本発明の磁性複合材料を、例えばMRI装置の磁気板に適用する場合、装置のサイズによっては複数のセグメント状磁気板を直接粉末成形により形成し、各磁気板の周側面同士を当接させて磁気板を形成することになるわけであるが、これらの当接させた部分に空隙が生じると磁界が不均一となり易く、従って、各セグメントの周側面、角部分に切削、切削による機械加工を施し、R部を除去することが望ましい。

(作用)

本発明に係る磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法によれば、所定の容積率からなる球状磁性粉末と、樹脂バインダーとを乾式混合し、該混

合粉を金型内に充填した後、冷間にて、面圧 $2 \pm 1/10$ 以上の直接粉末成形を行って圧粉化したので、本発明により製造された磁性複合材料は、透磁率が50以上、比抵抗が $0.001 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上有しており、透磁率、比抵抗の両方を向上できる。従って、例えばMRI装置の磁極板として使用した場合は、永久磁石の磁力を減衰させることなく、かつ磁場の変化を鋭敏に検出することができシヤープな断層映像が得られる。

また、本発明の磁性複合材料では、引張強度が 2 kg/cm^2 以上あることから、小片の永久磁石をヨークに保持する場合は、該複合材料にボルト孔を形成し、ボルトを介して上記ヨークに取付けることができる。

さらに、磁性粉末と樹脂バインダーとを乾式混合したので、磁性粉末の含有量を95%まで上げることができ、しかも板状を使用しないから、圧粉化による鉄粉同士を結合させることができる。さらにまた、250 μm 以上の大型板状体を得ることができるので、上記MRI装置用磁極板の大型化、大

面強化の要請に対応でき、磁界の均一性を向上できる。

(実施例)

以下、本発明の一実施例による磁性複合材料の製造方法を説明する。

まず、平均粒径が $50 \sim 300 \mu\text{m}$ の球状磁性鉄粉と固形粒子状のエポキシ樹脂粉末とを準備し、この磁性鉄粉の容積率が磁性複合材料全体の35~55%の範囲内になるように、乾式混合し、混合粉を形成する。

次に、上記混合粉を金型内に充填し、これを冷間にて、大型プレス機械で面圧 $2 \pm 1/10$ 以上の直接粉末成形を行って圧粉化する。ここで、上記金型の投影面積を250 cm^2 未満にすると、機械加工代が増大し、不経済であるとともに、磁極板同士の接合箇所が多くなり、均一な磁界強度分布を得ることが困難になる。

そして、上記圧粉化した混合粉を200 $^\circ\text{C}$ で加熱硬化する。これにより、本実施例の磁性複合材料が製造される。

本実施例により製造された磁性複合材料は、透磁率が50以上、比抵抗が $0.001 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、引張強度が 2 kg/cm^2 以上で、かつ面積が250 cm^2 以上の大型磁性複合材料板状体となっている。この板状体を、例えば第1図及び第2図に示すMRI装置1の磁極板5に適用する場合は、これをボルトによりヨーク2に固定することにより、多数の永久磁石片4を保持することとなる。なお、この永久磁石片4は、必要な面積を有する1枚もので構成しても勿論良い。

ところで、MRI装置1が大型化すると、磁石面積をさらに大きくする必要があり、これに及びて磁石片数も増加する。そしてこのような大面積(多数)の磁石片を支持する磁極板を、本発明による磁性複合材料によって一枚ものとして製造するのは困難となる。この場合は、第3図に示すように、複数の平板6を製造し、これを平面状に敷詰め、各平板6同士の当接面を機械加工してR部を除去し、隙間をなくする。また、これらの各平板6、磁石片4の組立性確保のため、間に透磁率

の高い絶縁板7を介在させる。なお、其の板7の格、銅板を採用することもできるが、この場合透磁率が低いので板厚で調整することとなる。

このように本実施例の製造方法によれば、球状磁性鉄粉と、エポキシ樹脂粉末とを乾式混合し、該混合粉を金型内に充填した後、冷間にて、面圧 $2 \pm 1/10$ 以上の直接粉末成形を行って圧粉化したので、上記MRI装置1の磁極板5に採用した場合は、透磁率が50以上あることから、永久磁石4の磁力を減衰させることなく透過させることができ、しかも比抵抗が $0.001 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上あることから、磁場の変化を鋭敏に検出することができ、人体の断層像の映像を鮮明に得ることができる。

また、引張強度が 2 kg/cm^2 以上であるから、上述の機械加工が可能であり、またこれをヨークにボルト締め固定でき、小片の永久磁石を十分保持することができ、その結果MRI装置の實用化に大きく貢献できる。

さらに、250 cm^2 以上の大型板状の磁極板を得ることができるので、MRI装置の多数の永久磁石

片4を1枚の磁極板5で、又は小数の磁極板8によって支持でき、磁極板同士の間隙部分が少なくなり、それだけ磁界の均一性を向上できる。

さらにまた、磁性鉄粉とエポキシ樹脂粉との混合に乾式方法を採用したので、該鉄粉の含有量を93%まで上げることができ、しかも液体を使用しないから、鉄粉同士を結合させることができる。

要は本発明の効果を確認するために行った実験結果である。

この実験は、上記実施例の製造方法において、磁性複合材料全体に対する磁性鉄粉の容積率を50～93%の範囲で変化させ、さらに金型による成形圧力を2～8 t/cm²の範囲で変化させて8個の磁極板を製作し、この各磁極板の最大透磁率、比抵抗、引張強度及び締め付けトルクを測定して行った。なお、本実験に採用した金型の投影面積は1800cm²である。

表からも明らかなように、いずれの場合も、引張強さは4.2～7.5 kg/cm²、締め付けトルクは2.4～4.5 kg・mと満足できる値が得られている。

(発明の効果)

以上のように本発明に係る磁気特性に優れた磁性複合材料の製造方法によれば、磁性複合材料全体に対して55～95vol%含み、かつ平均粒子径が50～300 μmの球状磁性粉末と、樹脂バインダーとを乾式混合し、該混合粉を金型内に充填した後、冷間にて、2 t/cm²を超える圧力の直接粉末成形を行って圧粉化したので、該磁性複合材料の透磁率を50以上、比抵抗を0.001 Ωcm以上、引張強度を2 kg/cm²以上とすることができるとともに、250 cm以上の大型磁性複合材料板状体を得ることができ、必要な透磁率を確保しながら、比抵抗を大きくできる効果があるとともに、大型化、大面積化に対応できる効果がある。

しかし、磁性鉄粉を50vol%含有させた場合には(第1圖・発明例)、鉄粉の透磁率が少ないことから、比抵抗は10と高いものの、透磁率は30と低くなっている。また、成形圧力が2 t/cm²の場合には(第5圖)、比抵抗は10と高いものの、透磁率は20と低くなっており、これは成形圧力が低いことから鉄粉同士が結合していないためと考えられる。これに対して、磁性鉄粉のvol%が80～95%、成形圧力が4 t/cm²以上の場合には(第2～4圖、第6～8圖・発明例)、いずれも透磁率は50～200、比抵抗は1.0～5×10⁻¹と満足できる値が得られていることがわかる。この結果、本実施例の磁性複合材料を採用することにより、所定の透磁率を確保し、かつ比抵抗を向上できることがわかる。

なお、上記実施例では、MR(磁気応答磁極板)を例にとって説明したが、本発明の磁性複合材料の適用範囲はこの磁極板に限定されるものではなく、要は高透磁率、かつ高比抵抗を必要とする磁性材料であればいずれにも適用できる。

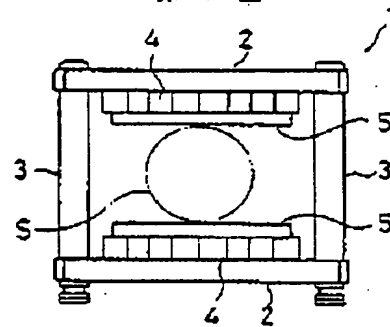
磁性鉄粉容積率 (vol%)	成形圧力 (t/cm ²)	最大透磁率 (μ)	比抵抗 (Ωcm)	引張強さ (kg/cm ²)	締め付けトルク (kg・m)
50	4	30	10	7.1	4.2
60	4	50	1.0	6.5	3.9
70	4	70	5×10 ⁻¹	6.3	3.7
95	4	200	5×10 ⁻¹	4.2	2.5
60	2	20	10	4.5	2.4
70	7	90	1×10 ⁻¹	7.0	4.2
80	7	140	1×10 ⁻¹	6.5	3.9
80	8	80	5×10 ⁻¹	7.5	4.5

4. 図面の簡単な説明

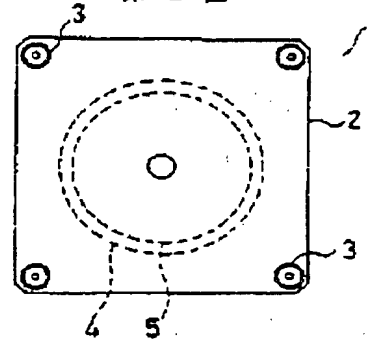
第1図は本発明の磁気複合材料が採用される一
般的なMRI装置を示す正面図、第2図はその平
面図、第3図は磁石板の変形例を示す断面側面図
である。

特許出願人 株式会社神戸製鋼所
代理人 弁護士 下市 昇

第1図



第2図



第3図

